

# GUL - Ondas guiadas de Ultrassom para verificação de tubulações

Categoria – Infra-estrutura

## Utingás Armazenadora S.A.

Paulo Bratfisch Lins

Rubens Antonio Michel



## PASA – Physical Acoustic South America

Pedro Feres Filho

Hermann Schubert



## **Breve histórico das empresas envolvidas**

Este projeto foi desenvolvido através de uma parceria entre a Utingás, que necessitava de um serviço de inspeção que avaliasse a integridade operacional de seus dutos e linhas internas, aéreos e enterrados (principalmente), uma vez que a NR-13 não preconiza procedimentos para esse tipo de inspeção, e a Pasa, que detém técnicas de avaliação da condição de tubulações metálicas atualmente baseada na norma interna da Petrobrás (2098), norma essa que fixa as condições mínimas exigíveis na inspeção de dutos terrestres de transporte, transferência, distribuição e entrega, em operação.

Abaixo temos um breve histórico destas empresas:

### **Utingás**

A Utingás é a maior armazenadora privada de Gás LP do Brasil, opera com dois terminais de armazenamento sendo um em Santo André – SP, com capacidade instalada de 6000 toneladas (quatro esferas de 1500 toneladas), e em Araucaria – PR, com capacidade instalada de 1080 toneladas (18 tanques horizontais de 60 toneladas). Outras duas unidades, Paulínia e São José dos Campos, ambas no Estado de São Paulo têm a função de coordenar o processo de bombeamento do Gás LP entre a Petrobrás e as companhias distribuidoras, assegurando espaço na tancagem de cada uma delas para recebimento, mantendo ininterrupto o bombeamento ao longo de cada dia e garantindo confiabilidade nas informações disponibilizadas.

Fundada em 1971 por uma sociedade composta pelas seguintes empresas do setor: Ultragaz, Liquigás, Supergasbrás, Copagaz e Servgás.

O controle administrativo da Utingás pertence à Ultragaz, por deter 57% de participação acionária e conseqüentemente pertencente ao Grupo Ultra.

O Grupo Ultra reúne quatro negócios com posição de destaque em seus segmentos de atuação. Além da Ultragaz, fazem parte do conglomerado: a Oxiteno, única fabricante de óxido de eteno e seus principais derivados no Mercosul; a Ultracargo, uma das líderes em oferecer soluções logísticas integradas para granéis

especiais; distribuição de combustíveis com a Ipiranga e, recentemente, a Texaco do Brasil. Com a aquisição dessas duas últimas empresas, em 2007 e 2008, respectivamente, o Grupo Ultra passou a operar a maior rede de distribuição privada de combustíveis do País, e passa a ser uma das 5 maiores empresas nacionais privadas em faturamento.

### **PASA – Physical Acoustics South America**

A PASA (Physical Acoustics South America), fundada em março de 1996, sob controle acionário do grupo Mistras com sede em Princeton, USA, teve como elemento motivador na sua criação, a visão de uma empresa dedicada a disponibilizar para o mercado da América do Sul, tecnologia e soluções na área de inspeção e integridade de equipamentos industriais.

A evolução dos procedimentos produtivos, cada vez mais priorizando segurança, saúde e meio ambiente, colaborou para novos rumos da PASA, hoje dedicando sua contribuição para minimizar paradas operacionais e aplicação de técnicas para assegurar integridade estrutural, dentro de parâmetros de segurança e racionalização de recursos.

Concluiu seu sistema integrado de gestão em Janeiro de 2007, através das certificações ISO 9001 (2000), ISO 14001 (2004) e OHSAS 18001 (1999). A PASA é uma empresa de soluções globais, procurando atender as necessidades de engenharia de inspeção e integridade de forma completa e cada vez mais presente no mercado da América do Sul, recentemente a fusão com a NDT do Brasil amplia seu portfólio através da fabricação e montagem de equipamentos promovendo um atendimento mais eficiente e completo aos clientes.

## **Problemas e Oportunidades**

A filial da Utingás Araucária iniciou suas operações em 1976, recebendo e armazenando Gás LP bombeado pela REPAR – Refinaria Presidente Getúlio Vargas para atender seus sócios/ clientes.

A filial está interligada à refinaria através de um gasoduto de 8” (oito polegadas) e 730 metros de extensão.

Trechos desse gasoduto foram construídos de forma enterrada, cuja somatória dos trechos enterrados totalizam 220 metros.

Todos os trechos enterrados possuem uma preparação e proteção de sua superfície para que não sofresse corrosão pelo tempo em contato com a umidade da terra, porém passados quase 40 anos, precisávamos de uma avaliação minuciosa desses trechos para não sermos surpreendidos com qualquer tipo de vazamento de Gás LP ou algo mais crítico.

Durante esse período, usamos um outro método de avaliação onde diversos pontos ao longo de todo o gasoduto eram monitorados quanto à sua espessura, e esse acompanhamento teve seu início em 2001 (PASA) sendo a última medição ocorrida em dezembro de 2011 pela empresa Transtech Ivesur Brasil Ltda.

Com a necessidade de obtermos um laudo conclusivo da condição operacional do nosso gasoduto, com ênfase nos trechos enterrados, estávamos na procura de um parceiro que pudesse nos entregar um diagnóstico com a mais alta precisão.

As Figuras abaixo de 1 a 5 exemplificam o gasoduto em questão.



Figura 1 – Trecho enterrado sob os 18 tanques de 117 m<sup>3</sup>.



Figura 2 – Subidas em 4" para os tanques.



Figura 3 – Conjunto de Válvulas de Controle.



Figura 4 – Trecho enterrado antes do conjunto de válvulas.



Figura 5 – Trecho enterrado dentro da propriedade da Raizen, antes de passar por baixo da Rodovia do Xisto.

### **Plano de Ação – Objetivos, Metas e Estratégias**

Este projeto teve seu início na exposição feita pelo Projeto GLP – Qualidade Compartilhada no final de 2010, onde tivemos a oportunidade de conhecer o sistema GUL, que na ocasião foi trazido pela PASA ao Brasil, como tecnologia de ponta para avaliações de tubulações aéreas e enterradas.

A partir deste momento, iniciamos um contato com a PASA, cuja parceria completou esse ano seu 15º aniversário, a fim de analisarmos a viabilidade financeira e operacional de aplicarmos essa tecnologia na avaliação do gasoduto.

Durante o segundo semestre de 2011, após inúmeras discussões de escopo, partimos para o planejamento de desembolso financeiro, uma vez que o nosso compromisso de resultado com a direção da Utingás não poderia ser impactado e iniciamos também o plano de execução.

Resumindo havia a seguinte situação:

- Gasoduto com longos trechos enterrados;
- Necessidade de uma avaliação precisa da operacionalidade;

- A alternativa seria desenterrar todos os trechos para avaliação;
- Gastos com Mão de Obra; e
- Longo tempo para execução.

A busca de uma nova solução para inspeção do gasoduto apresentou as seguintes oportunidades:

- Mapeamento preciso dos possíveis problemas;
- Menor tempo para inspeção;
- Inspeção sem necessidade de desenterrar totalmente o gasoduto;
- Não é necessária a remoção das pinturas de cobertura e de fundo da tubulação para a fixação do Anel de Transdutores ao redor do tubo, pois é permitida eficazmente a inspeção nessa condição.
- Redução de custo da avaliação.

As metas a serem atingidas foram às seguintes:

- Melhorar o mapeamento dos possíveis defeitos e problemas com os trechos enterrados;
- Informações de perda de material e posição precisa da indicação, possibilitando atuação corretiva no local;
- Não correr o risco de interrupção dos recebimentos de bombeios;
- Redução do tempo de inspeção; e
- Redução dos custos de manutenção.

Para alcançar esses objetivos e metas, foi montado um plano de ação com as seguintes etapas:

- Etapa 1 – Pesquisa sobre o sistema ofertado pelo fornecedor;
- Etapa 2 – Consulta às empresas de inspeções que oferecessem serviços de avaliação de tubulações;
- Etapa 3 – Escolha da PASA, que nos ofereceu como alternativa viável para solução do problema, o Sistema GUL – Ondas guiadas de Ultrassom, conforme descrito no anexo 1;
- Etapa 4 - Preparação da área para inspeção;
- Etapa 5 - Início das inspeções através do sistema GUL;
- Etapa 6 – Análises e geração de relatórios;
- Etapa 7 - Execução de eventuais intervenções.

A Utingás Araucária é pioneira na utilização dessa técnica.

### Implementação

Para execução do ensaio de ondas guiadas de Ultrassom foi necessária a preparação de todos os trechos enterrados para que pudesse ser acoplado o anel de emissão de ondas conforme demonstrado pelas figuras 6 e 7.



Figura 6 – Anel para tubulação de 4”



Figura 7 – Anel para tubulação de 8”

Nessa preparação foram feitas 21 valas, todas enumeradas para controle das medições, considerando a distância do disparo da onda a montante e a jusante do anel, essa preparação teve como objetivo efetuar de forma minuciosa a avaliação da situação operacional do gasoduto, a figura 8 e 9 exemplificam a preparação aplicada em toda a extensão do gasoduto para que pudéssemos realizar as leituras necessárias para o estudo.



Figura 8 – Vala número 10, linha de 8” sob a tancagem, identificada e preparada para inspeção.



Figura 9 - Vala número 2, linha de 8” sob a tancagem com ramais de subida para os tanques, identificada e preparada para inspeção.

As inspeções foram feitas na primeira quinzena de abril deste ano pelos técnicos da PASA, o anel é colocado em um determinado trecho do gasoduto previamente preparado, esse anel é conectado a um computador onde serão armazenadas todas as informações obtidas pelas emissões de ondas geradas no gasoduto. Através dessas informações o software mostra graficamente a condição operacional do trecho avaliado, inclusive se há ao longo do trecho soldas, flanges, curvas e descontinuidade ou perda de espessura.

Para avaliação de todo o gasoduto foram necessários 52 disparos.

A figura 10 e 11 abaixo mostram a avaliação de um determinado trecho do gasoduto.



Figura 10 – técnico efetuando o disparo de ondas



Figura 11 – técnico visualizando graficamente, situação operacional de determinado trecho.

### Indicadores de desempenho

A utilização da tecnologia que o sistema GUL oferece para avaliação de tubulações nos possibilitou identificar ao longo de todo gasoduto de forma eficiente e precisa quais trechos estão com suas características funcionais mantidas, quais trechos necessitam de apenas uma melhoria na proteção existente sejam através de pintura ou de melhoria da proteção catódica, como também, quais trechos apresentaram problemas de descontinuidade ou corrosão alveolar externa indicando a necessidade de uma intervenção mais severa como, por exemplo, a troca de determinado trecho.

Os resultados apresentados pela aplicação do sistema GUL, nos trouxe as seguintes recomendações:

- Reparar trechos com presença de corrosão;
- Recuperar pintura certificando que toda oxidação foi removida e que foi

Realizada preparação adequada de superfície para receber pintura;

- Verificar possibilidade de manter tubulação aérea a fim de facilitar manutenção e inspeção das linhas;
- Manter linha em plano de manutenção regular e verificar funcionamento de proteção catódica, principalmente em trechos enterrados.
- Em caso de descontinuidades menores, acompanhar evolução.
- Remover vegetação em contato com a tubulação na região da REPAR.
- Na região da travessia da casa de bombas para o armazenamento fazer reparo nas regiões oxidadas com escamento das linhas e recuperação de suportes.

Concluindo, o processo de avaliação através do sistema GUL, nos trouxe a possibilidade de se fazer uma avaliação criteriosa no gasoduto, com o terminal operando normalmente e contribuindo quando necessário para intervenções de menor investimento.

## Anexo 1

### TÉCNICA DE ONDAS GUIADAS

#### 1- DESCRIÇÃO DO MÉTODO

Ondas Guiadas de Ultrassom (GW-UT), ou Ondas Superficiais Guiadas de Ultrassom (GUL) avaliam a condição de tubulações metálicas, para perdas de espessura, por meio da introdução de um sinal ultrassônico que percorre longas distâncias e, é refletido com a ocorrência de uma descontinuidade.

Um anel de transdutores é fixado ao redor do tubo e a inspeção ocorre até 60 m em cada direção.

Podem ser avaliados longos comprimentos de dutos, especialmente quando o acesso for limitado. É empregado de modo geral em longos comprimentos de tubos e tubos isolados.

Este ensaio localiza áreas com redução de espessura e fornece um índice de criticidade dos danos.

Os resultados são utilizados para avaliar a condição dos dutos, verificarem a condição das áreas danificadas em serviço e programar e priorizar inspeções complementares e reparos.

Esta tecnologia não dimensiona a perda de espessura, mas fornece uma referência da espessura remanescente. Nas regiões sob suspeita podem ser realizados ensaios complementares para a aquisição de informações mais detalhadas através de técnicas de ultra-som A, B e/ou C-Scan.

Uma inspeção visual detalhada é fundamental para correlação dos dados obtidos.

A figura 1 exemplifica o esquema de instalação do sistema e como será lido e interpretado pelo software diversos tipos de ocorrências.

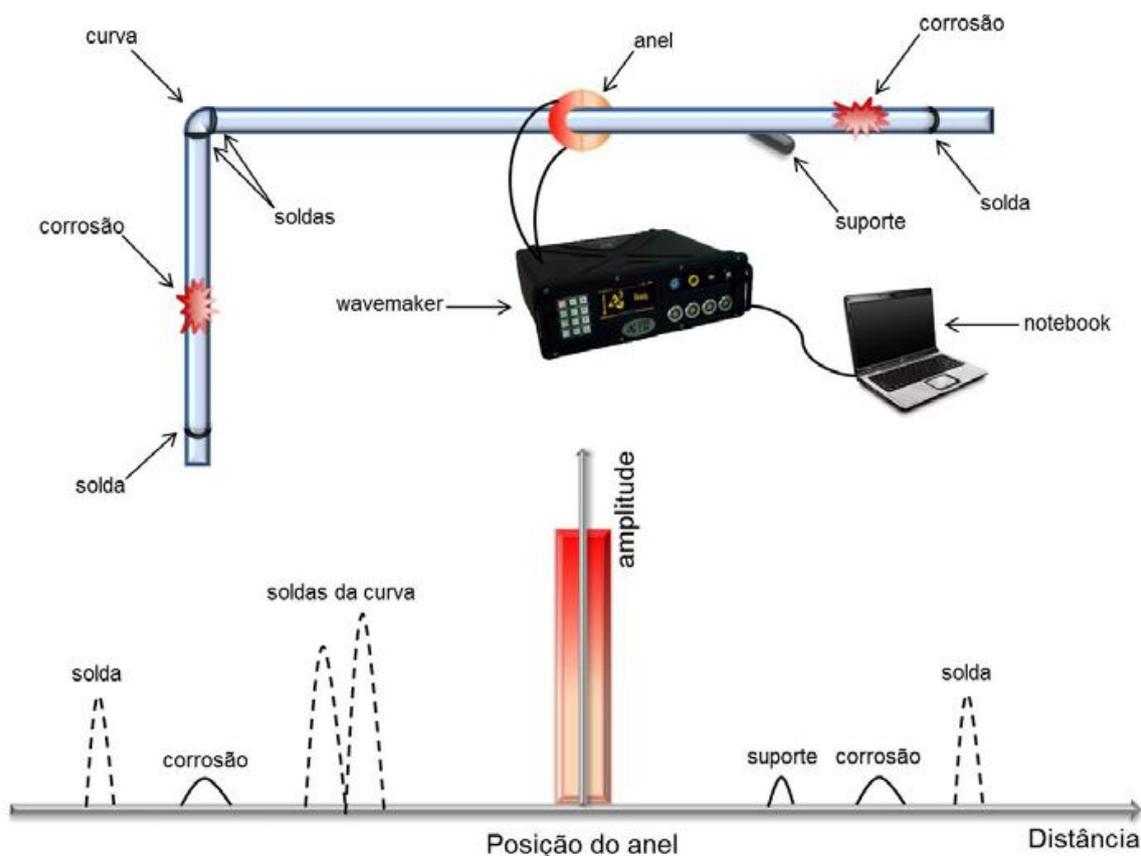


Figura 1 – esquema de instalação do sistema de ondas guiadas

O sistema GUL utilizado pela PASA inspeciona tubos através da utilização de múltiplas freqüências e múltiplas formas de ondas, garantindo desempenho adequado em distâncias longas e curtas. O sistema emprega também ondas torcionais, as quais não são afetadas pelo conteúdo da tubulação.

## 2- INFORMAÇÕES DO ENSAIO

O anel de transdutores é fixado e a calibração é realizada em diferentes freqüências para verificar: acoplamento, operação dos transdutores e alcance. Segue-se com a inspeção principal usando-se a freqüência com menor relação sinal/ruído. Os resultados são obtidos em forma de gráfico, os quais são analisados em profundidade para determinar a posição de reflexões identificadas visualmente nos tubos, como soldas, suportes, curvas, etc. e para marcar reflexões desconhecidas ou suspeitas, que serão interpretadas e analisadas posteriormente.

Neste ponto, toma-se a decisão de repetir a inspeção ou avançar com o anel.

A posição do anel é documentada no desenho da tubulação. Registram-se também as características identificadas visualmente e outras áreas com possível corrosão. Sempre que possível, realizam-se medições de espessura com ultrassom como dados adicionais. Quando o operador julgar que os dados obtidos estão completos e corretos, o anel e a instrumentação serão acoplados no ponto de inspeção seguinte e assim por diante até a completa realização do ensaio.

Qualquer desvio do padrão, o procedimento será reavaliado junto com o cliente e o resultado dessa reavaliação deverá ser incluída no relatório, como exigido pelo plano de qualidade. Após o término da aquisição de dados, os mesmos serão interpretados e analisados em detalhes e o processo de preparação do relatório é iniciado.

A tecnologia GW-UT requer que os operadores sejam habilitados GUL Nível 1 (como no caso dos profissionais da PASA). Habilitação esta que, diferentemente das outras técnicas, envolve não somente a aquisição de dados, mas também a análise dos mesmos. O processo de Interpretação fornece quatro tipos de indicações:

- Sem-relevância e Ruído;
- Identificado visualmente;
- Indicações relevantes que produzem picos de reflexão;
- Indicações relevantes que produzem alterações do sinal.

Sem relevância e ruído

Reverberação, reflexões múltiplas, controle das direções da reflexão, etc. que mesmo quando gera um “pico” nítido, a informação não foi gerada pela reflexão de um dos elementos (flange, solda circunferencial, válvulas, conexões) do duto ou por danos, mas por conta de outras limitações físicas ou instrumentais.

### Identificado visualmente

Refletores identificados pelas GW-UT, incluindo: soldas circulares, suportes, válvulas, flanges, curvas, “T’s”, etc. Esses elementos serão usados como referência para ajuste da curva DAC, comparação da localização e da amplitude da reflexão.

### Indicações relevantes que produzem picos de reflexão

Estes picos são associados a danos nos tubos, como: corrosão localizada e/ou generalizada produzida por diferentes processos. Trincamento e defeitos volumétricos podem ser detectados caso tenham dimensões suficientes, porém não são objetivos deste ensaio.

Como mencionado acima, apenas os refletores associados à perda de massa com área transversal equivalente a 5 a 10% da seção transversal total irão produzir uma reflexão suficiente para ser detectada e identificada como dano. Defeitos menores como pitting, rugosidade, pequenas corrosões superficiais, etc. serão detectados apenas quando representada em grande extensão do tubo, como discutido abaixo.

Indicações relevantes estarão sujeitas a análise mais detalhada em relação a cada indicação. Os resultados dessa análise estão incluídos no relatório e indicam:

- Posição ao longo do tubo (com desvio de +/- 100mm)
- Classificação da severidade
- Posição planar no tubo (horizontal – vertical)

### Indicações relevantes que produzem alterações do sinal

Estas são condições do tubo, que mesmo quando não produzem reflexão substancial, localizam-se ao longo e ao redor do tubo em uma área suficiente que afeta o sinal ultrassônico naquela área.

Alguns exemplos desses efeitos:

- Atenuação anormal do sinal.
- Distorção anormal do sinal de componentes não-simétricos – Linha Vermelha
- Aumento da linha base em baixa amplitude (efeito grama).

Alguns exemplos da condição dos tubos que afetam o sinal sônico:

- Rugosidade superficial na parede interna ou externa.
- Corrosão generalizada, inclusive áreas extensas de pitting.
- Depósitos ou outros materiais aderentes à superfície interna ou externa do duto.
- Alteração nas propriedades do isolamento, pintura ou revestimento.
- Alguns defeitos de solda.
- Alterações na geometria e propriedades da tubulação.

Não é possível classificar indicações de baixa amplitude. De modo geral, são consideradas como danos Classe 3 pelo fato de serem extensas e apresentarem reflexão menor do que 10% ECL (perda estimada da seção transversal).

### 3- CLASSIFICAÇÃO

#### INDICAÇÕES RELEVANTES

A classificação é baseada na quantidade de energia refletida quando comparada com um refletor de referência fixa (soldas, flanges, etc.); e também pela extensão do refletor ao redor da circunferência (corrosão de ponto de contato com extensão de  $\frac{1}{4}$  ao redor do tubo). Esses parâmetros são conhecidos como ECL – Perda Estimada da Seção Transversal (Estimated Cross Section Loss) e Extent – Extensão Circunferencial, (Circunferential Extension). Além destas características, são apresentadas como Linha Negra (Black Line) para ECL e Linha Vermelha (Red Line) for Extent nos Gráficos de Características do GUL.

Com a combinação das reflexões de ambos, ECL e Extent, pode-se atribuir valores como Severo, Intermediário ou Baixo.

Essas classificações estão indicadas na tabela abaixo, como:

Severidade ALTA – severa	Vermelho	Classe 1	Profunda e /ou altamente concentrada
Severidade MODERADA	Azul	Classe 2	Profundidade e concentração não muito severa
Severidade LEVE – baixa	Cinza/Negro	Classe 3	Pouco profunda e/ou estendido em torno da circunferência. As indicações causam alteração do sinal

Como referência para classificação de Severidade, emprega-se a tabela abaixo:

TABELA DE SEVERIDADE DO GUL			
Extensão Circunferencial	Intensidade da Reflexão (ECL – Perda Estimada da Seção Transversal)		
	Menor do que 10%	Entre 10% e 20%	Maior do que 20%
Maior do que 50%	Leve - Baixa	Leve – Baixa	Moderada
Entre 25% e 50%		Moderada	Severa - Alta
Menor do que 25%	Moderada	Severa - Alta	

Para melhor exemplificar as tabelas, seguem alguns modelos e desenhos que auxiliam na interpretação conforme figura 2 e, alguns exemplos de defletores facilmente identificados na figura 3:

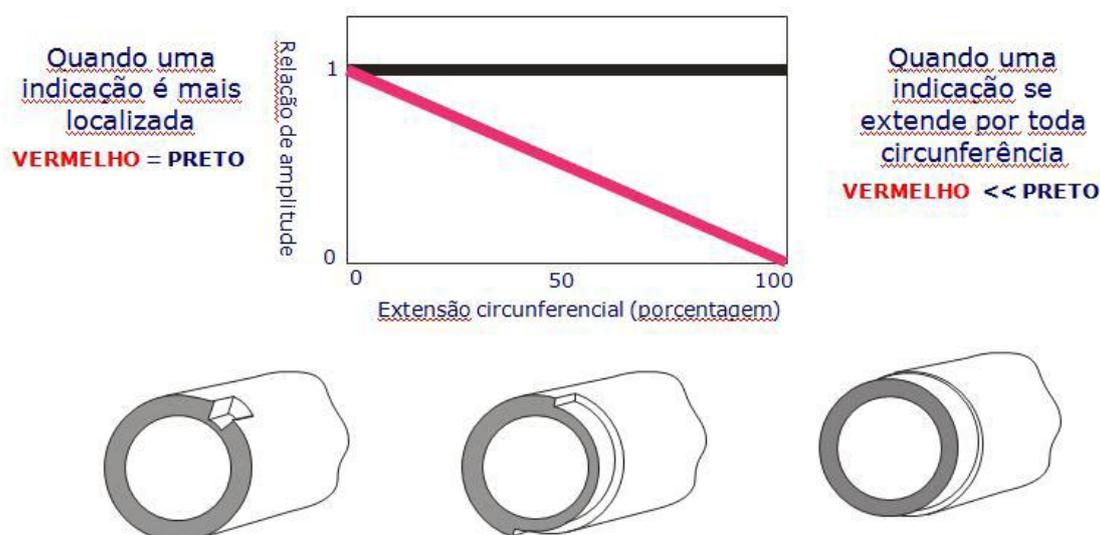
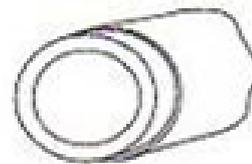


Figura 2 – Modelos para análise de criticidade

**20% ECL disperso em 100% da extensão  
(Indicação com Severidade Baixa)**



**20% ECL abaixo de 25% da extensão  
(Indicação Severa)**

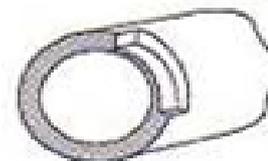


Figura 3 – exemplos de redução de seção transversal

Na figura 4 é possível identificarmos algumas das ocorrências que serão apontadas no ensaio e como será interpretada.

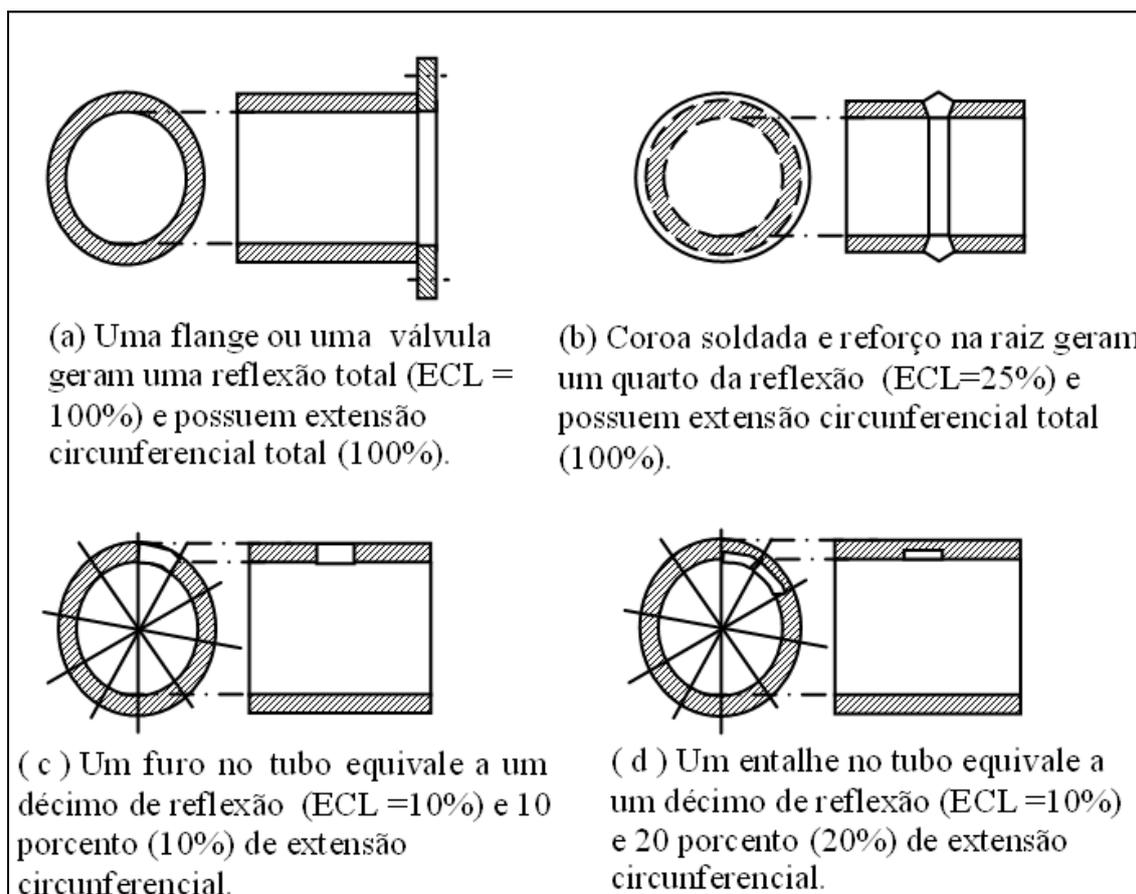


Figura 4 – Ocorrências possíveis apontadas no ensaio

Na figura 5 temos uma representação típica de um ensaio de ondas guiadas utilizando o equipamento GUL e o programa WavePRO G3.

No primeiro bloco de informações encontra-se a localização e configuração utilizada, no segundo encontramos os comentários do inspetor e do analista, no terceiro bloco, informações de cada indicação efetuada pelo software, na seqüência, representação esquemática do trecho avaliado e por fim os dados em forma gráfica do ultrassom processado.



*Guided Ultrasonics Ltd.*

**Pipe Screening Results**

Test ID: 786537	Pipe: Seawall-E6B	Ring: R4F6(18)-Circum
Site: Example	Location: wall 5800	Config: T(0,1)
Size: 6 inch	Tested: 25 Apr 2000 16:11	Calibration: Automatic (0.3636 mV)
	Tested by: GUL	Version: 1.47, Wavemaker WM004
		Client: GUL
		Procedure: GU 1.1

General Notes: This exceptionally long test range was achieved on good quality pipe (and welds) that ran straight out to a jetty. No corrosion found, although there is some evidence that the pipe is touching its sleeve as it goes through the (gasket covered) sea wall.

Feature	Location	ECL	Class	Notes
+F1	5.98	-	Entrance	Penetration through a sea-wall
+F2	9.54	-	Weld	
+F3	21.8	-	Entrance	Beginning of buried (underground) section of pipe
-F1	-1.79	-	Weld	
-F2	-8.13	-	Support	Simple support
-F3	-77.83	-	Bend	The diagnostic range of the test ends at this point (before a double bend with a vent and flange)

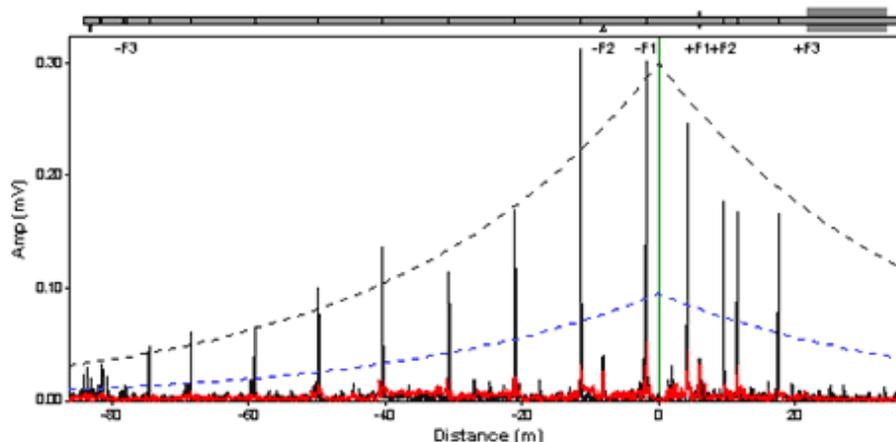


Figura 5 – Exemplo de “report” do programa do ondas guiadas